干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

doi:10.12118/j.issn.1000-6060.2019.06.05

乌鲁木齐市城区和郊区气温分布及廓线特征①

李振杰[1,2]， 金莉莉[3,4]， 何 清[3,4]， 缪启龙[4]， 买买提艾力·买买提依明[3]

（1 云南省临沧市气象局，云南 临沧 677099； 2 中国科学院新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830022；
3 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所/中国气象局塔克拉玛干沙漠气象野外科学试验基地，新疆 乌鲁木齐 830002；
4 南京信息工程大学应用气象学院，江苏 南京 210044）

摘 要：利用乌鲁木齐市5座100 m气象塔10层气温观测资料，通过统计方法详细分析了乌鲁木齐市城区和郊区近地层不同高度气温季节变化和日变化特征。研究表明：乌鲁木齐市四季均存在逆温，北郊逆温最明显。近地层100 m内主城区气温日较差较小，约为3.5～5.5 ℃；郊区气温日较差较大，约为4.2～7.0 ℃。夏季郊区气温高于城区，冬季北郊气温最低、南郊最高；白天大气基本上为超绝热不稳定状态，夜间城区气温高于郊区。春、秋季，白天城区和郊区温差小、夜间大，且愈近地面温差愈大；春季城区与南郊温差可达2.4 ℃、秋季可达3 ℃。城区和郊区各季节各层最高气温与最低气温出现时间几乎不同步达到。夏季、秋季、冬季和春季最高气温分别约在17:00～18:10、16:00～17:20、14:30～15:50（北郊滞后1.5 h）、17:00～18:00（南郊提前1.5 h）出现，最低气温分别约在7:10～8:20、8:00～9:00、冬季为多个时段（这与出现逆温有关）、7:30～8:40出现。

关 键 词： 边界层；气温；廓线；乌鲁木齐

城市边界层温度廓线是城市气候和城市大气边界层结构的一个重要方面，其对污染物扩散规律有重要影响[1-2]。陆龙骅等[3]研究表明，城市近地层温度廓线基本上随高度呈线性变化，北京近地层320 m内温度随高度线性递减，温度的平均垂直递减率为0.68 ℃·(100 m)$^{-1}$。城市市区气温明显高于郊区，体现出城市热岛效应的存在，且市区与郊区的气温差异随高度的增加而减小[4]。城市热岛强度随高度增加而递减，北京近地层热岛强度在晴天最大可达4 ℃左右[5]。珠江三角洲秋季逆温出现频率较高、强度较弱，而海风使珠江口贴地逆温的出现时间推迟、低空逆温的出现频率增加[6]。城市观测场的地理位置、建筑物分布能使北京冬季地面最高气温比上层提前1～2 h；北京冬季为弱不稳定层结，夏季为弱稳定层结，这种弱稳定层结可能会抑制城市冠层内污染物向上扩散的过程；夏季城市冠层顶部对城市摩擦副层起加热作用，冬季起冷却作用，这与青藏高原对大气热状态的影响非常相似[7]。

乌鲁木齐市近地面全天存在悬浮逆温，且有时为多层逆温，大气层结稳定[8]。乌鲁木齐市全年存在逆温层，冬季是逆温特征最为显著的季节，强度最强，平均为1.06 ℃·(100 m)$^{-1}$。冬季逆温发生频率最高，贴地逆温厚平均为860 m，脱地逆温底高平均为534 m、顶高平均为1 187 m[9]。以往的研究主要是单点观测，所用资料主要是系留探空和常规探空观测，而乌鲁木齐市三面环山，单点观测难以满足详细了解乌鲁木齐市近地层气温结构特征及其对污染的影响。而且以往利用常规探空观测资料研究脱地和贴地逆温均没有给出具体统计天数的方法[9]。因而，本文利用乌鲁木齐市南郊至北郊5座100 m气象塔2013年6月～2014年4月同步观测的10层气温资料，探讨乌鲁木齐市城区和郊区近地层气温差异、随高度的变化特征，以期对乌鲁木齐近地层气温结构及其对污染影响机理进行深入研究。

① **收稿日期：**2019-01-12； **修订日期：**2019-04-28
基金项目：中国沙漠气象科学研究基金(Sqj2016006)；国家自然科学基金(41575011)；新疆维吾尔自治区高层次人才引进(2016-金莉莉)共同资助
作者简介：李振杰(1982-)，男，硕士，研究方向为中短期天气预报及气象服务. E-mail:lizhenjie17@163.com
通讯作者：金莉莉(1984-)，女，博士，研究方向为陆气相互作用. E-mail:jinlili1984@126.com

1 研究区概况与方法

乌鲁木齐市建成区内5座100 m气象塔所在位置的海拔高度分布由市区的南郊向北郊逐渐降低(图1),依次为南郊(燕南立交;87°34′47″E,43°42′19″N;海拔1 009 m)、市区(水塔山;87°38′50″E,43°49′06″N;海拔890 m)、鲤鱼山(87°34′45″E,43°50′41″N;海拔821 m)、近北郊(红光山;87°38′05″E,43°54′14″N;海拔717 m)、北郊(米东;87°41′37″E,44°01′58″N,海拔568 m)。

5座气象塔共有10层,每层均安装了VAISALA公司的HMP45D型温度传感器(测量范围:-40~60 ℃;准确度:±0.3 ℃;分辨率:0.1 ℃),在安装架设前均进行了标定。本文使用的气温资料时间分辨率为10 min,在使用之前,对资料进行了质量控制和处理[10]。

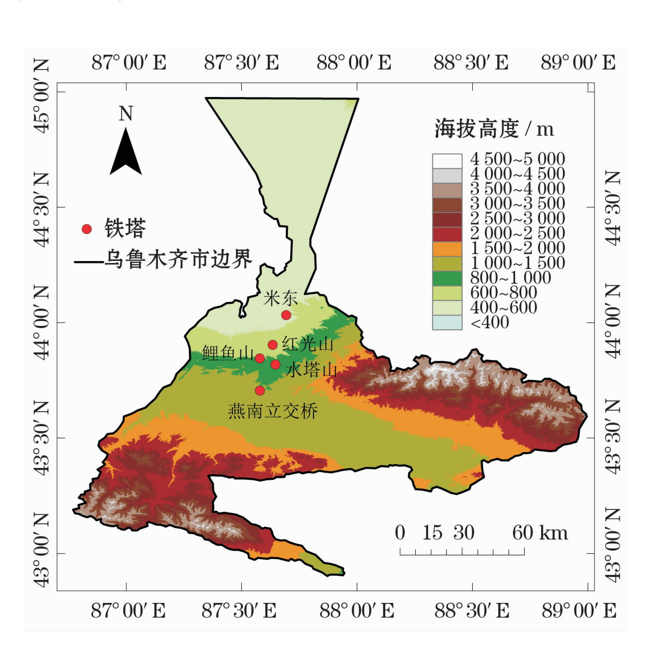


图1 乌鲁木齐市5座100 m铁塔地理位置示意图

Fig. 1 Locations of five 100 m height meteorology towers sites at Urumqi City

2 结果与分析

2.1 气温廓线季节变化特征

(1) 春季

乌鲁木齐南郊、城区水塔山、城区鲤鱼山、近北郊和北郊夜间近地层气温递减率分别为0.9~2.4 ℃·(100 m)$^{-1}$、1.1~2 ℃·(100 m)$^{-1}$(水塔山1~5层)、0.1~1 ℃·(100 m)$^{-1}$(水塔山6~10层)、0.1~0.4 ℃·(100 m)$^{-1}$、1.1~2.3 ℃·(100 m)$^{-1}$、2.7~3.8 ℃·(100 m)$^{-1}$,即乌鲁木齐城区和郊区春季夜间存在逆温,北郊逆温最明显;北郊逆温从近地层低层开始出现,而南郊逆温主要出现在近地层中层以上(图2)。因为郊区地面长波辐射冷却快于城区,且郊区大气多为稳定层结,缺少湍流扰动,北郊地面辐射降温的冷却效应能波及到近地面的空气,南郊由于较强的湍流扰动(图3),地面辐射降温的冷却效应要到近地层中层以上才能波及到。反之,由于逆温层的存在,湍流的发展受到抑制,弱湍流运动有利于辐射降温,从而有利于逆温的维持和发展[11]。南郊、城区鲤鱼山、近北郊和北郊平均摩擦速度(u_*)分别为0.37、0.28、0.23 m·s^{-1}和0.23 m·s^{-1};南郊高u_*与该观测点位于乌鲁木齐市风口有关,城区机械湍流加强了湍流运动,使得近地层动量通量增大,从而使得u_*高于近北郊、北郊(图3),这与城区年平均风速低于近北郊相对应。

从图2看出白天乌鲁木齐大气基本为超绝热不稳定,18:00开始,贴近地面的气温下降,处于逆温状态,中上层仍保留着白天温度随高度递减的变化规律;夜间城区气温高于郊区(水塔山1~5层的情况除外)。城、郊温差白天小、夜间大,且夜间愈近地面、温差愈大;最大温差为0.18~2.42 ℃(城区与南郊)、其次为0.01~1.62 ℃(城区与北郊)、最小温差为0.01~0.48 ℃(城区与近北郊)。

(2) 夏季

乌鲁木齐城区和郊区夏季存在逆温现象,北郊最明显(图4);夏季逆温强度不及春季。南郊、城区水塔山、城区鲤鱼山、近北郊和北郊气温最大梯度分别为2.6~3.3 ℃·(100 m)$^{-1}$[10~13 m]、1.5~2.8 ℃·(100 m)$^{-1}$[13~22 m]、2.1~3.2 ℃·(100 m)$^{-1}$[13~17 m]、1.8~3.7 ℃·(100 m)$^{-1}$[17~22 m]、4~6 ℃·(100 m)$^{-1}$[13~17 m]。与春季不同的是,夏季南郊气温低于城区、近北郊和北郊,而城区气温低于近北郊和北郊。

夏季,白天大气基本上为超绝热不稳定状态;夜间(21:00~6:00)气温随着时间推移持续降低,21:00~0:00温差最大,0:00~3:00温差次之,3:00~6:00温差最小(图4)。

(3) 秋季

乌鲁木齐秋季,白天大气基本上为超绝热不稳定状态,夜间存在逆温现象,北郊逆温最明显(图5)。但是,秋季逆温比夏季强,北郊米东最强。南郊、城区水塔山、城区鲤鱼山、近北郊和北郊白天气

图 2　乌鲁木齐市 5 座梯度塔近地层 100 m 春季气温廓线

Fig. 2　Air temperature profiles of five 100 m height meteorology towers in spring in Urumqi City

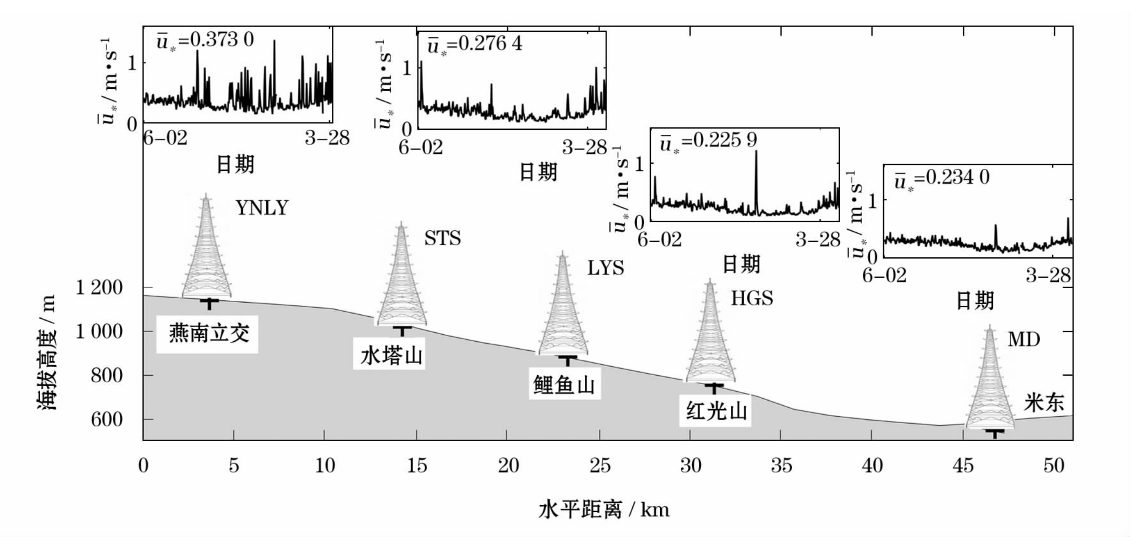


图 3　燕南立交、鲤鱼山、红光山和米东摩擦速度(u_*)日序列变化特征

Fig. 3　Sequence variation characteristics of friction velocity (u_*) at YNLJ, LYS, HGS and MD towers

温递减率分别为 0.5 ~ 2.6 ℃·(100 m)$^{-1}$、2.2 ~ 2.7 ℃·(100 m)$^{-1}$(水塔山 1 ~ 5 层)、0.6 ~ 0.7 ℃·(100 m)$^{-1}$(水塔山 6 ~ 10 层)、0.4 ~ 0.8 ℃·(100 m)$^{-1}$、2 ~ 2.5 ℃·(100 m)$^{-1}$、1.7 ~ 4.4 ℃·(100 m)$^{-1}$。

秋季城、郊温差白天小、夜间大;愈近地面,夜间温差愈大,最大温差为 0.02 ~ 3.0 ℃(城区和南郊)、其次为0.08 ~ 1.4℃(城区和北郊)、最小温差

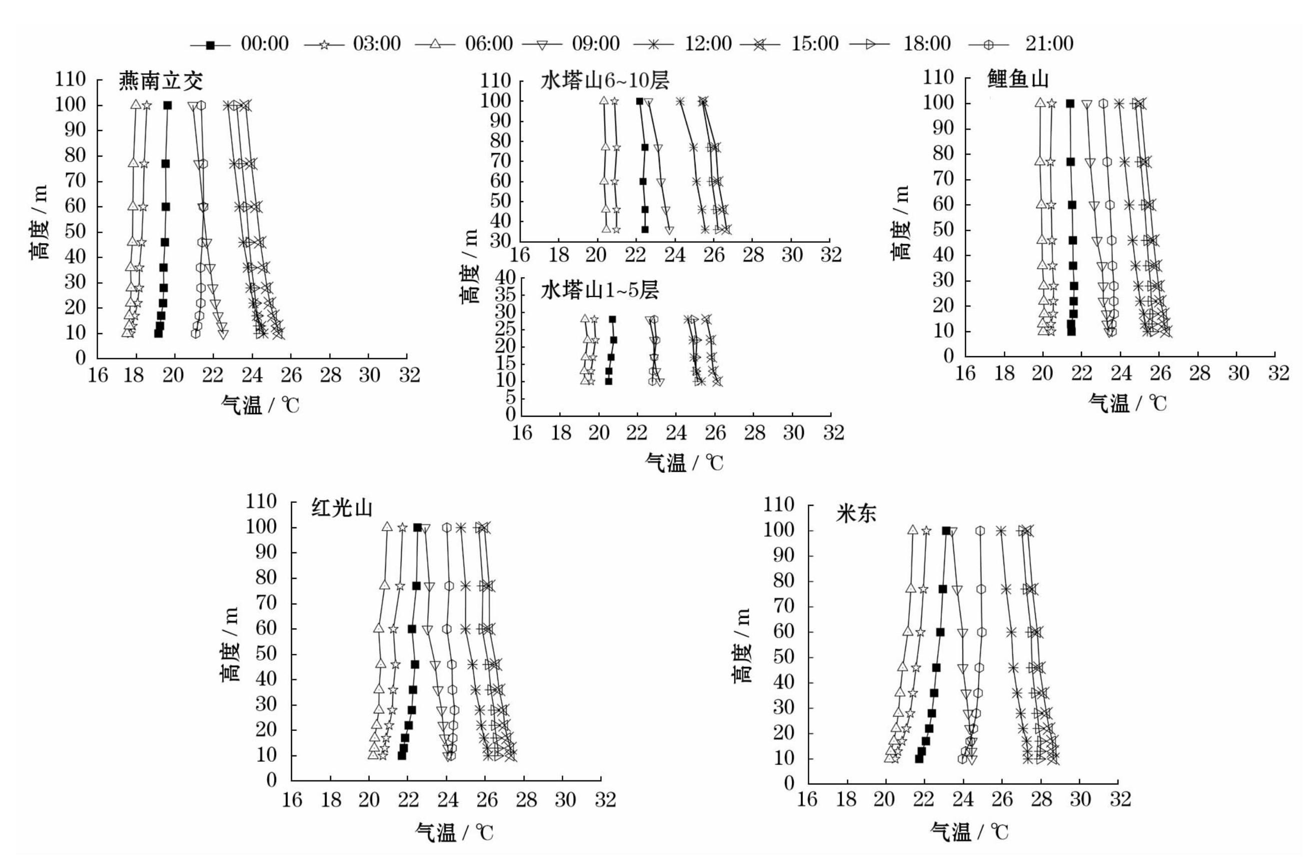


图 4　乌鲁木齐市 5 座梯度塔近地层 100 m 夏季气温廓线

Fig. 4　Air temperature profiles of five 100 m height meteorology towers in summer in Urumqi City

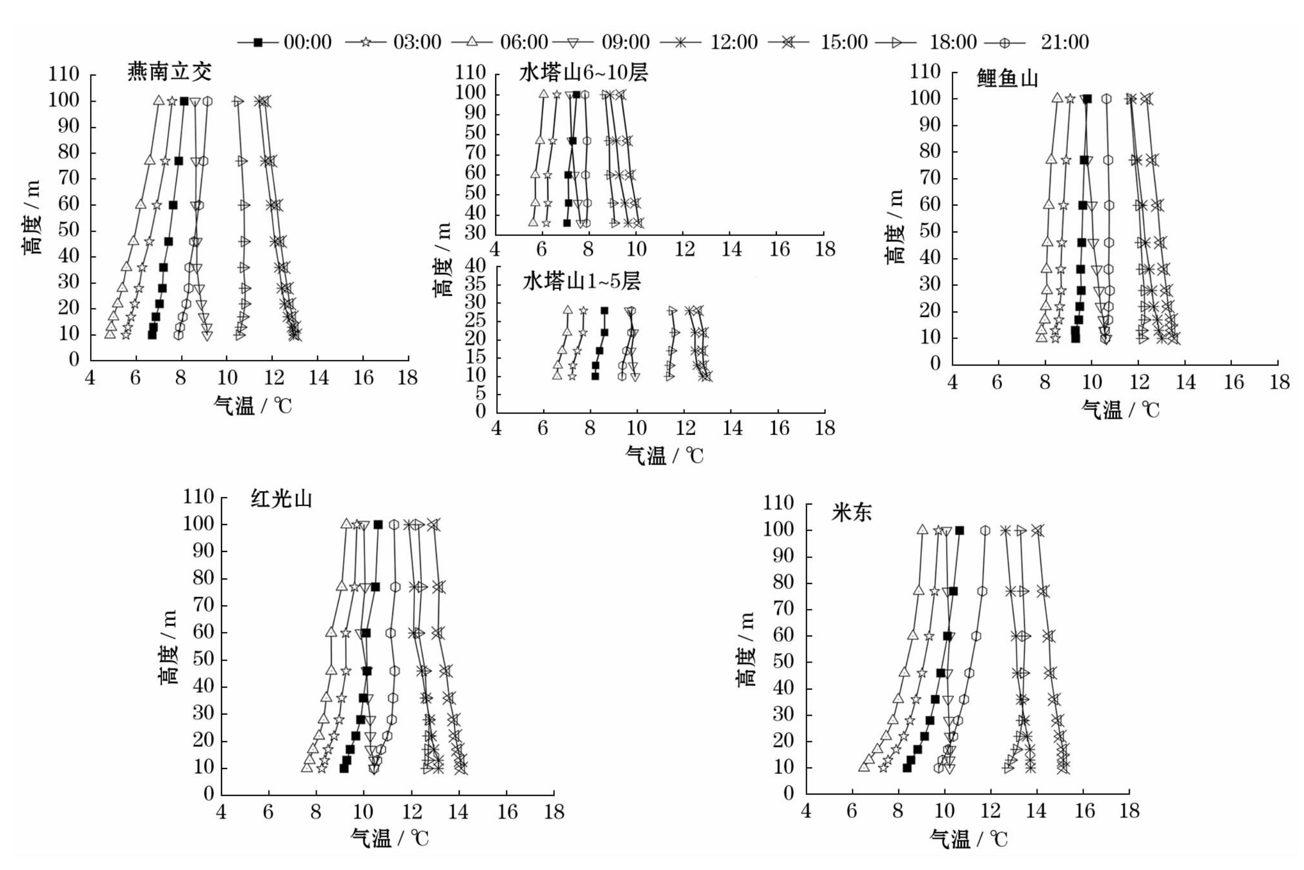


图 5　乌鲁木齐市 5 座梯度塔近地层 100 m 秋季气温廓线

Fig. 5　Air temperature profiles of five 100 m height meteorology towers in autumn in Urumqi City

为0.01~0.27 ℃(城区和近北郊)。

(4) 冬季

乌鲁木齐冬季白天大气基本上为超绝热不稳定状态,但城区和近北郊存在多层逆温,南郊和北郊100 m内均有逆温(图6)。南郊、城区水塔山、城区鲤鱼山、近北郊和北郊白天气温递减率分别为0.5~2.6 ℃·(100 m)$^{-1}$、2.2~2.7 ℃·(100 m)$^{-1}$(水塔山1~5层)、0.6~0.7 ℃·(100 m)$^{-1}$(水塔山6~10层)、0.4~0.8 ℃·(100 m)$^{-1}$、2~2.5 ℃·(100 m)$^{-1}$、1.7~4.4 ℃·(100 m)$^{-1}$。

乌鲁木齐市冬季城区气温高于郊区(不考虑城区水塔山1~5层的情况),最大温差为0.3~2.7 ℃(城区和北郊)、其次为0.2~1.29 ℃(城区和近北郊),最小温差为0.1~1.1 ℃(城区和南郊)。

上述分析表明,乌鲁木齐四季存在不同程度的逆温现象。逆温最强出现在北郊,春季、夏季、秋季和冬季逆温强度分别可达2.7~3.8、4~6、1.7~4.4 ℃·(100 m)$^{-1}$和1.7~4.4 ℃·(100 m)$^{-1}$。春、秋季,城区和郊区白天温差大、夜间温差小,愈近地面、差异愈大,且与南郊差异最大,春季和秋季二者温差分别为2.4 ℃和3 ℃。夏季夜间气温,南郊<北郊≈近北郊<南郊。冬季,城区与北郊温差最大可达2.7℃。

2.2 年平均气温日变化特征

5座气象塔气温年平均日变化特征明显(图7)。日出后,地面辐射平衡逐渐转为正,地面温度上升,热量输送到近地层中,气温逐渐增加。07:00,南郊燕南立交、城区水塔山和鲤鱼山、近北郊红光山、北郊米东10 m气温就已经比06:00上升了0.65 ℃、0.38 ℃、0.31 ℃、0.28 ℃、0.46 ℃,气温继续上升;08:00,气温比07:00分别上升了1.24 ℃、1.11 ℃、0.86 ℃、0.96 ℃、1.1 ℃。之后,气温仍继续上升,且这种趋势100 m内均一致,愈近地面气温递减率愈大,大约在14:00~15:30(燕南立交15:30)达到一天中最大值,分别为10.1 ℃、9.6 ℃、10 ℃、10.2 ℃、10.8 ℃,比太阳高度角最大的时间滞后约2~2.5 h。然后,太阳高度角降低,气温缓慢下降,到19:00,近地层100 m内气温几乎分别降到了7.2~7.4 ℃、7.5~7.9 ℃、8~8.5 ℃、8.3~8.7 ℃、8.6~9.2 ℃。各气象塔分别在10:00~17:00、10:00~16:00、10:00~16:00、11:00~16:00、12:30~15:30时段内,近地层100 m内的气温递减率在1.0 ℃·(100 m)$^{-1}$以上。

日落后,地面辐射冷却,气温快速下降。其中,

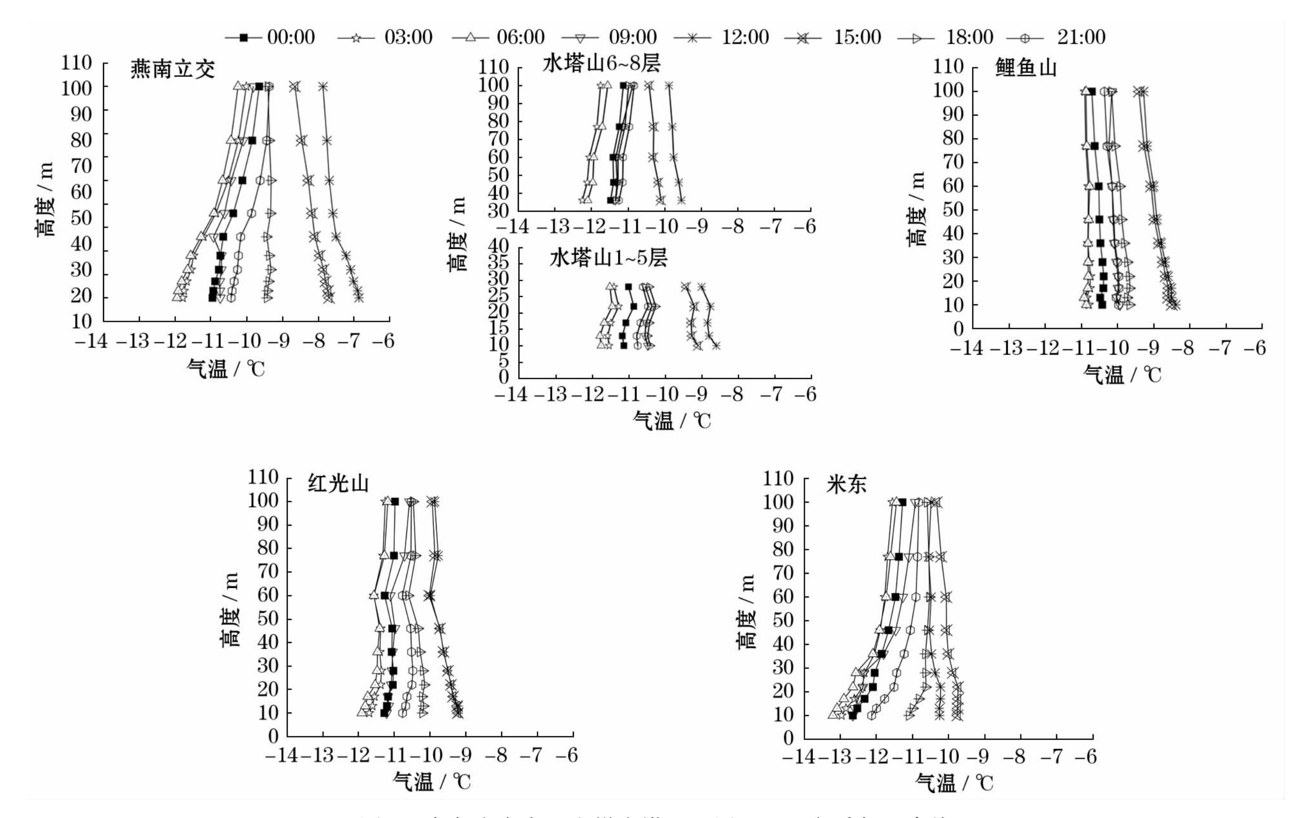


图6 乌鲁木齐市5座梯度塔近地层100 m冬季气温廓线

Fig. 6 Air temperature profiles of five 100 m height meteorology towers in winter in Urumqi City

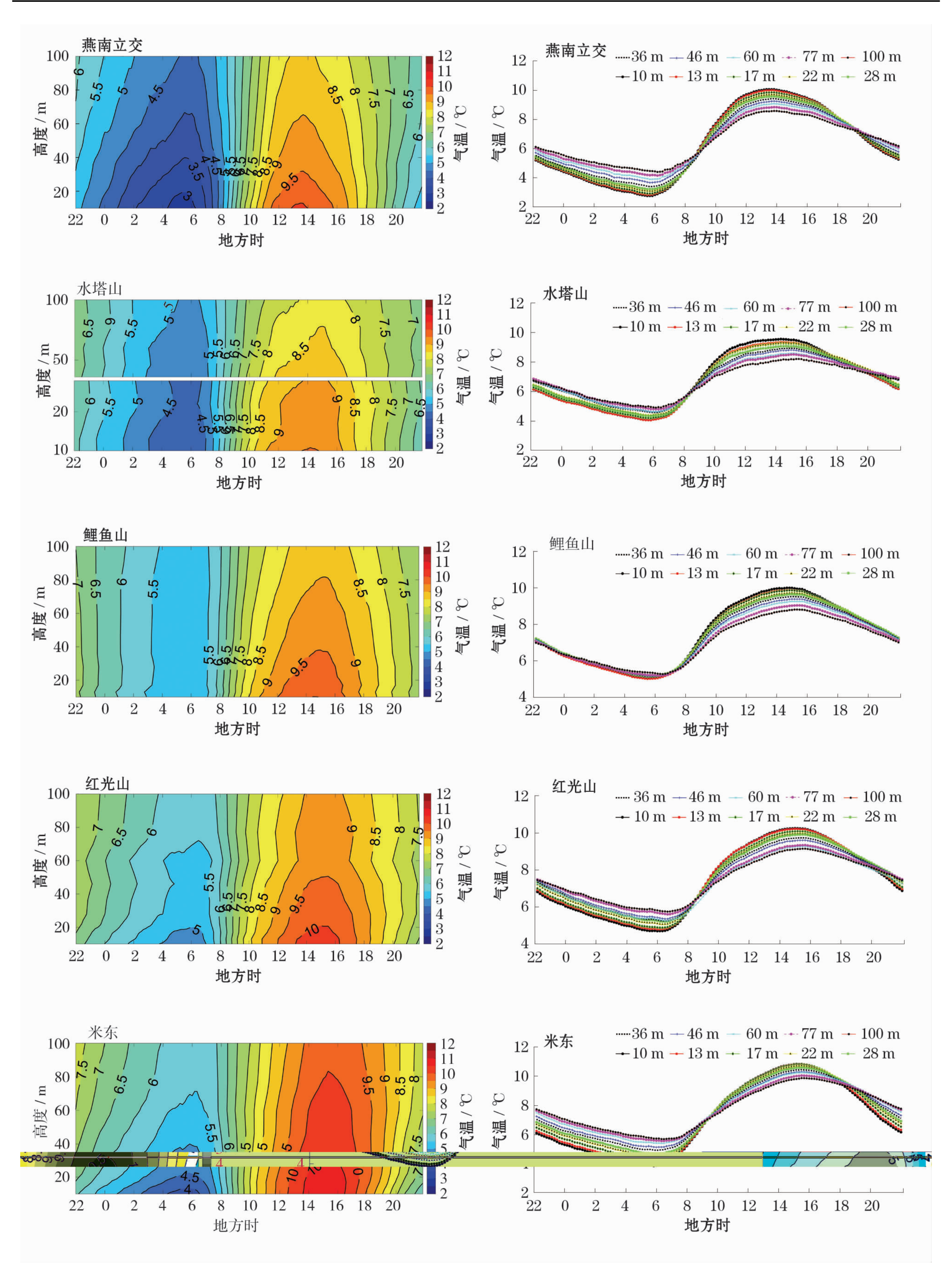


图 7　乌鲁木齐市 5 座 100 m 气象塔不同高度(左)气温年平均日变化高度—时间剖面和(右)气温年平均日变化曲线

Fig. 7　Mean diurnal variation of air temperature of five 100 m height meteorology towers in Urumqi City for different height-time profile (left) and the curve of air temperature (right)

表 1　乌鲁木齐市 5 座 100 m 气象塔不同高度气温季节平均日变化最高值、最低值

Tab. 1　Season average diurnal variation maximum and minimum values of air temperature of five 100 m height meteorology towers in Urumqi City

		时间为地方时	燕南立交	鲤鱼山	红光山	米东	水塔山	
							上层(36～100 m)	下层(10～28 m)
春季	最高气温	最高 值/℃	7.0	6.8	7.1	7.7	9.2	6.2
		出现高度/m	10	10	10	13	36	10
		出现时间	12:40	15:20	15:00	15:40	15:40	15:00
		最低值/℃	5.4	5.6	5.9	6.6	8.6	5.7
		出现高度/m	100	100	100	100	100	28
		出现时间	13:40	15:40	15:50	18:00	16:00	15:00
	最低气温	最高值/℃	1.0	1.6	2.2	1.8	4.5	0.6
		出现高度/m	10	13	100	100	100	28
		出现时间	6:40	4:10	6:40	7:10	6:30	6:40
		最低值/℃	-1.0	1.4	0.8	-0.3	3.9	0.2
		出现高度/m	100	13	10	10	36	13
		出现时间	5:40	5:50	6:40	6:20	6:10	6:30
夏季	最高气温	最高值/℃	25.4	26.5	27.4	28.7	26.7	26.1
		出现高度/m	10	10	10	10	36	10
		出现时间	15:10	15:30	15:30	15:30	15:10	15:00
		最低值/℃	23.7	25.2	26.1	27.4	25.7	25.6
		出现高度/m	100	100	100	100	100	28
		出现时间	15:50	16:00	16:10	15:20	15:30	15:00
	最低气温	最高值/℃	17.9	19.9	20.9	21.3	20.4	19.2
		出现高度/m	100	22	100	100	77	22
		出现时间	5:50	5:10	6:30	6:20	5:50	5:20
		最低值/℃	17.0	19.8	20.1	19.8	20.3	19.0
		出现高度/m	10	13	10	10	100	13
		出现时间	5:10	5:20	5:30	5:10	5:20	5:10
秋季	最高气温	最高值/℃	13.4	13.6	14.1	15.2	10.1	13.1
		出现高度/m	10	10	10	13	36	10
		出现时间	13:40	14:00	14:50	15:20	15:00	14:20
		最低值/℃	11.9	12.4	12.9	14.1	9.4	12.6
		出现高度/m	100	100	100	100	100	28
		出现时间	13:40	15:00	15:30	15:20	15:10	14:40
	最低气温	最高值/℃	6.9	8.4	9.1	8.9	6.0	7.0
		出现高度/m	100	100	100	100	100	28
		出现时间	6:50	6:20	6:30	6:40	6:20	6:10
		最低值/℃	4.9	7.8	7.4	6.4	5.5	6.6
		出现高度/m	10	13	10	10	36	10
		出现时间	6:00	6:10	6:40	6:20	6:20	6:10
冬季	最高气温	最高值/℃	-6.7	-8.3	-9.1	-9.7	-9.5	-8.5
		出现高度/m	10	10	10	22	36	10
		出现时间	13:30	12:50	13:00	14:10	12:00	11:30
		最低值/℃	-7.8	-9.2	-9.9	-10.3	-9.8	-8.9
		出现高度/m	100	17	60	100	100	28
		出现时间	12:30	16:30	13:00	14:40	11:30	11:30
	最低气温	最高值/℃	-10.3	-10.9	-11.3	-11.6	-11.8	-11.5
		出现高度/m	100	22	100	100	100	28
		出现时间	6:20	4:30	4:00	4:00	3:00	5:40
		最低值/℃	-12.1	-11.0	-12.0	-13.3	-12.3	-11.8
		出现高度/m	10	13	10	10	36	13
		出现时间	5:20	4:50	7:20	7:20	3:10	5:30

燕南立交 19:00 在 22 m 以下、水塔山 20:00 在 22 m 以下、红光山 19:00 在 28 m 以下、米东 19:00 在 60 m以下大气处于逆温状态,鲤鱼山夜间的气温变化梯度很小。到了清晨 5:30 ~ 6:30 日出时,气温降到一天中的最低值,燕南立交、水塔山、鲤鱼山、红光山和米东 10 m 最低气温分别为 2.8 ℃、4.1 ℃、5.0 ℃、4.7 ℃、3.8 ℃,且这种降温也是由地面向上逐渐减弱,此时近地层 100 m 温差分别为 1.6 ℃、0.8 ℃、0.3 ℃、1.1 ℃、1.9 ℃。一日之内,各气象塔气温日较差分别为 4.2 ~ 7.3 ℃、3.3 ~ 5.5 ℃、3.5 ~ 5.0 ℃、3.4 ~ 5.5 ℃、4.2 ~ 7.0 ℃,且最大日较差在 10 m 高度,随高度增加,日较差减小。

可见,乌鲁木齐城市边界层内的最高气温均在 10 m 最高,这与北京月坛铁塔观测结果一致[7]。位于主城区内部的红光山、鲤鱼山、水塔山气温日较差较小,约为 3.5 ~ 5.5 ℃;夜间近地层 100 m 内温差较小(鲤鱼山最小),在 1.1 ℃以内。而位于郊区的米东和燕南立交,气温日较差较大,约为 4.2 ~ 7.0 ℃;夜间近地层 100 m 内温差较大(米东最大),在 1.6 ~ 1.9 ℃。

2.3 各季气温日变化特征

从表 1 看出,乌鲁木齐市 5 座 100 m 气象塔气温日变化具有如下季节性差异:

(1) 气温夏季 > 秋季 > 春季 > 冬季。夏季气温燕南立交最高(23.7 ~ 25.4 ℃),其次是米东(24.4 ~ 24.6 ℃),再次为主城区的 3 座气象塔,且相差不大(22.5 ~ 23.9 ℃)。冬季气温米东最低(-11.8 ~ -11.0 ℃),其次为水塔山(-11.2 ~ -10.3 ℃),再次为红光山、鲤鱼山、燕南立交。

(2) 城区和郊区各季节各层最高温与最低温出现时间几乎不同步达到。最高气温,夏季约在 17:00 ~ 18:10、秋季约在 16:00 ~ 17:20、冬季约在 14:30 ~ 15:50(水塔山提前 1 h 左右,在 13:30 ~ 14:40;米东滞后 1.5 h,在 16:10 ~ 17:00)、春季约在 17:00 ~ 18:00(燕南立交提前 1.5 h,在 14:40 ~ 15:40);最低气温,夏季约在 7:10 ~ 8:20、秋季约在 8:00 ~ 9:00、冬季为多个时段(这与出现逆温有关)、春季约在 7:30 ~ 8:40;最低气温出现时间与山风转谷风时间一致[12]。

(3) 近地层内红光山、鲤鱼山和燕南立交最高气温一年四季总是在 10 m 最高,这与北京月坛铁塔的结论相似(最高气温一年四季在地面最高)[7];水塔山由于 1 ~ 5 层资料和 6 ~ 10 层资料不是同一年,因而不好分析;米东最高气温一年四季出现高度不同,即夏季和冬季最高气温在 10 m 达到、秋季和春季在 13 m 达到,这与文献[13]的结论相似,即最高气温的高度有季节性变化。对比各气象塔的观测环境,米东气象塔周围为沙漠—戈壁过渡带,这可能是造成米东与其他 3 座塔不同结果的主要因素。

3 结 论

(1) 乌鲁木齐市城区和郊区气温有较大异同点。近地层城区和郊区最高气温均出现在 10 m 高度;城区和郊区最高气温一天中 16:00 ~ 18:00 达到最大值,冬季提前 1 ~ 1.5 h 达到最大值;最低气温一天中 7:00 ~ 9:00 达到最低值,冬季多逆温。但主城区气温日较差较小(约为 3.5 ~ 5.5 ℃)、郊区气温日较差较大(约为 4.2 ~ 7.0 ℃);城、郊温差白天小、夜间大,且夜间愈近地面、温差愈大;城区与南郊温差最大达 0.18 ~ 2.42 ℃、与北郊温差次之达 0.01 ~ 1.62 ℃,与近北郊红光山温差较小为 0.01 ~ 0.48 ℃;夏季郊区气温高于城区,冬季北郊气温最低、南郊最高。

(2) 乌鲁木齐市逆温现象明显,北郊逆温强于市区和南郊,春季、夏季、秋季和冬季北郊逆温强度分别为 2.7 ~ 3.8 ℃·$(100\ m)^{-1}$、4 ~ 6 ℃·$(100\ m)^{-1}$、1.7 ~ 4.4 ℃·$(100\ m)^{-1}$和 1.7 ~ 4.4 ℃·$(100\ m)^{-1}$,南郊由于较强的湍流扰动,逆温现象出现在近地层中层以上。

参考文献(References)

[1] ARNFIELD A J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island[J]. International Journal of Climatology, 2003, 23: 1 - 26.

[2] FERNANDO H J S, LEE S, ANDERSON J, et al. Urban fluidechanics: Air circulation and contaminant dispersion in cities[J]. Environmental Fluidechanics, 2001, 1(1): 107 - 164.

[3] 陆龙骅,卞林根,程彦杰. 冬季北京城市近地层的气象特征[J]. 应用气象学报, 2002, 13(增刊): 34 - 41. [LU Longhua, BIAN Lingen, CHENG Yanjie, et al. Meteorological characteristics of the ground layer in Beijing in winter[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2002, 13(Suppl.): 34 - 41.]

[4] 刘罡,孙鉴泞,蒋维楣,等. 城市大气边界层的综合观测研究——实验介绍与近地层微气象特征分析[J]. 中国科学技术大学学报, 2009, 39(1): 23 - 32. [LIU Gang, SUN Jianning, JIANG Weimei, et al. Comprehensive observation research on urban atmospheric boundary layer: Description of field experiment and analysis[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2009, 39(1): 23 - 32.]

[5] 卞林根,程彦杰,王欣,等. 北京大气边界层中风和温度廓线的

观测研究[J]. 应用气象学报,2002,13(增刊):13 - 25. [BIAN Lingen,CHENG Yanjie,WANG Xin,et al. Observational study of wind and temperature profiles of urban boundary layer in Beijing winter[J]. Journal of Applied Meteorological Science,2002,13(Suppl.):13 - 25.]

[6] 李明华,范绍佳,王宝民,等. 珠江三角洲秋季大气边界层温度和风廓线观测研究[J]. 应用气象学报,2008,19(1):53 - 60. [LI Minghua,FAN Shaojia,WANG Baomin,et al. Observation study on the temperature and wind profiles over the Pearl River Delta in autumn[J]. Journal of Applied Meteorological Science,2008,19(1):53 - 60.]

[7] 王喜全,王自发,郭虎. 城市边界层温度廓线及特征的季节变化[J]. 科学通报,2009,54(3):468 - 473. [WANG Xiquan,WANG Zifa,GUO Hu. Seasonal variation of the temperature profile and its characteristics within urban roughness sublayer[J]. Chinese Science Bulletin,2009,54(3):468 - 473.

[8] 何清,杨兴华,刘强,等. 乌鲁木齐冬季大气边界层温度和风廓线观测研究[J]. 沙漠与绿洲气象,2010,4(1):6 - 11. [HE Qing,YANG Xinghua,LIU Qiang,et al. The observational study on temperature and wind profiles of boundary layer in winter in Urumqi[J]. Desert and Oasis Meteorology,2010,4(1):6 - 11.]

[9] 刘增强,郑玉萍,李景林,等. 乌鲁木齐市低空大气逆温特征分析[J]. 干旱区地理,2007,30(3):351 - 356. [LIU Zengqiang,ZHEN Yuping,LI Jinglin,et al. Temperature inversion characteristics of low-air atmosphere of Urumqi City[J]. Arid Land Geography,2007,30(3):351 - 356.]

[10] 金莉莉,何清,李振杰,等. 乌鲁木齐市气象塔梯度观测资料质量控制与处理[J]. 气象,2016,42(6):732 - 742. [JIN Lili,HE Qing,LI Zhenjie,et al. Quality control method and treatment for Urumqi meteorology tower gradient observation data[J]. Meteorological Monthly,2016,42(6):732 - 742.]

[11] 陆春松. 南京冬季雾的边界层结构及生消机制[D]. 南京:南京信息工程大学,2008. [LU Chunsong. The boundary layer structures and formation/dissipation mechanism of winter fog in Nanjing[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science and Technology,2008.]

[12] JIN L L,LI Z J,HE Q,et al. Observations and simulation of near-surface wind and its variations with topography in Urumqi,west China[J]. Journal of Meteorological Research,2016,30(6):961 - 982.

[13] 陈鹤,周顺武,熊安元,等. 河北省风能详查区风速日变化特征[J]. 干旱气象,2011,29(3):343 - 349. [CHEN He,ZHOU Shunwu,XIONG Anyuan,et al. Analysis on diurnal variation of wind velocity in Hebei Province[J]. Journal of Arid Meteorology,2011,29(3):343 - 349.]

Characteristics of temperature distribution and profiles in Urumqi City and its suburb

LI Zhen-jie[1,2], JIN Li-li[3,4], HE Qing[3,4], MIAO Qi-long[4], ALI Mamtimin[3]

(1 *Lincang Meteorological Bureau*, *Lincang* 677099, *Yunnan*, *China*; 2 *Xinjiang Institute of Ecology and Geography*, *Chinese Academy of Sciences*, *Urumqi* 830011, *Xinjiang*, *China*; 3 *Taklimakan Desert Meteorology Field Experiment Station of CMA*, *Institute of Desert Meteorology*, *China Meteorological Administration*, *Urumqi* 830002, *Xinjiang*, *China*; 4 *College of Applied Meteorology*, *Nanjing University of Information Science and Technology*, *Nanjing* 210044, *Jiangsu*, *China*)

Abstract: The 10-layer air temperature data collected from five 100-meter-high meteorological towers in Urumqi City, Xinjiang, China were used to analyze the characteristics of the seasonal variation and diurnal variation of the air temperature of Urumqi City and its suburbs and to construct the air temperature profile. The results show that in Urumqi, there are obvious temperature inversions in all seasons, especially in the northern suburbs. In the surface layer with the height of 100 m the diurnal temperature range is small (from 3.5 to 5.5 ℃) in the main urban area, while is relatively large (from 4.2 to 7.0 ℃) in the suburbs. In summer, the air temperature is higher in the suburbs than that in the urban. While in winter, the temperature is the lowest in the northern suburbs, but the highest in the southern suburbs. In the daytime, the atmosphere shows basically a super-adiabatic instability. The air temperature in the urban area is higher than that of the suburbs at night. In spring and autumn, the air temperature difference between urban and suburb is big at night (but small in the day time). The closer it is to the ground, the bigger the difference is. The temperature between the urban area and the south suburb is 2.4 ℃ in spring, and 3 ℃ in and autumn. The highest temperature and lowest air temperature did not achieve simultaneously in all seasons in the urban area and in the rural areas. The highest temperature appears in the period from 17:00 PM to 18:10 PM, from 16:00 PM to 17:20 PM, from 14:30 PM to 15:50 PM (it lags 1.5 hours in north suburbs), and from 17:00 PM to 18:00 PM (it appears ahead of 1.5 hours in south suburbs) in summer, autumn, winter and spring respectively. The minimum value of air temperature appears in the period from 7:10 AM to 8:20 AM, from 8:00 AM to 9:00 AM, multiple time periods, and from 7:30 AM to 8:40 AM in summer, autumn, winter and spring respectively.

Key words: boundary layer; air temperature; profile; Urumqi City